

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H05G 1/00

H01J 35/08

H04N 5/32

H05G 1/64

A 7354-5E

A 8119-4C

8119-4C

H05G 1/00

E

審査請求 未請求 請求項の数19 (全14頁)

(21) 出願番号 特願平4-336468

(22) 出願日 平成4年(1992)12月17日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 越柴 洋哉

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 中川 泰夫

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

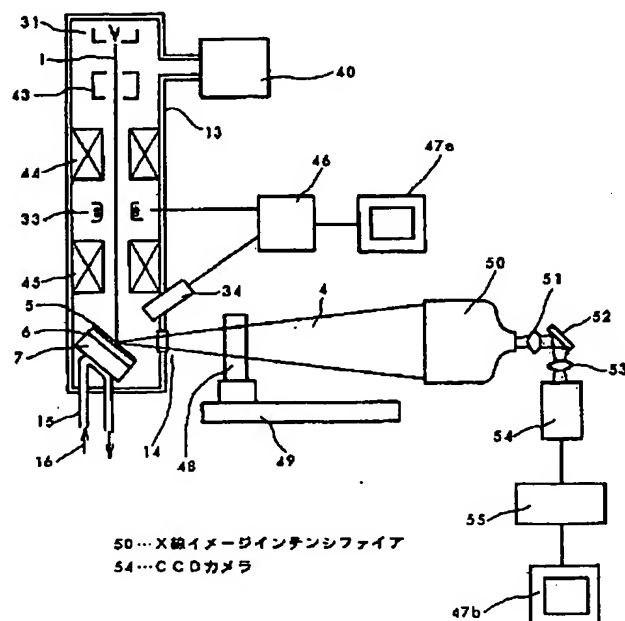
(54) 【発明の名称】 X線発生用ターゲットとX線源とX線撮像装置

(57) 【要約】

【目的】 焦点サイズが微小であり、かつ、冷却可能なX線発生用ターゲットにより、高出力のX線線源を構成し、このX線線源を備えた高解像度のX線撮像装置を提供する。

【構成】 支持体7に電子吸収層6を接合し、さらに、タングステン膜を蒸着したX線発生層5を有するターゲットTに対し、微細な電子線1を照射する。電子線1の照射により発生した熱は冷媒16で冷却される。X線発生層5から発生したX線4を取りだし、試料48に照射し、その透過像をX線イメージインテンシファイア50と冷却形CCDカメラ54により検出する。電子線1のビーム径を1 $\mu$ m以下とし、X線発生層5のタングステン膜の1 $\mu$ mとすると、約1 $\mu$ mの微小焦点サイズのX線線源が得られ、このX線線源を備えたX線撮像装置により半影ボケのない鮮明なX線透視画像が得られる。

図 19



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、このX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなることを特徴とするX線発生用ターゲット。

【請求項2】 X線発生層は複数の材質からなることを特徴とする請求項1記載のX線発生用ターゲット。

【請求項3】 微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなることを特徴とするX線発生用ターゲット。 10

【請求項4】 X線発生体は、少なくとも一個からなることを特徴とする請求項3記載のX線発生用ターゲット。

【請求項5】 X線発生体は、複数の材質からなることを特徴とする請求項3および請求項4記載のX線発生用ターゲット。

【請求項6】 電子線吸収層は、金属の支持体により支持されていることを特徴とする請求項1ないし請求項5記載のいずれかX線発生用ターゲット。 20

【請求項7】 電子線吸収層は銅系の金属板にベリリウム箔を接合して形成し、X線発生層は前記ベリリウム箔の電子線吸収層にタングステン膜を蒸着して形成した反射形を特徴とする請求項6記載のX線発生用ターゲット。

【請求項8】 照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなる反射形X線発生用ターゲットと、前記ターゲットを前記電子線吸収層側から冷却する手段とを有し、前記X線発生層側からX線を取り出すように構成したことを特徴とするX線源。 30

【請求項9】 X線発生用ターゲットは、その電子線吸収層を支持体により支持されていることを特徴とする請求項8記載のX線源。

【請求項10】 電子線吸収層側からX線発生用ターゲットを冷却する手段は、電子冷却素子により構成したことを特徴とする請求項8、9記載のいずれかX線源。

【請求項11】 照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットと、前記ターゲットを回転させる手段とを備えたことを特徴とするX線源。 40

【請求項12】 微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットと、前記ターゲットを回転させる手段とを備えたことを特徴とするX線源。

【請求項13】 電子線を偏向する手段とX線発生用ターゲットと前記ターゲットからの反射電子、2次電子を検出する手段とを備え、前記検出手段による走査像によ 50

り前記電子線の焦点を前記ターゲットに合わせる手段とを備えたことを特徴とするX線源。

【請求項14】 X線発生用ターゲットは、そのX線発生部位に電子線の焦点合せ用メッシュを具備することを特徴とする請求項13記載のX線源。

【請求項15】 X線発生用ターゲットは、そのX線発生部位に電子線の焦点合せ用表面模様を具備することを特徴とする請求項13記載のX線源。

【請求項16】 電子線を偏向し回転走査させる手段と、円環状のX線発生体を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を回転走査させる手段により前記電子線を回転走査させ、前記X線発生体上のX線発生点を回転させるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項17】 電子線を偏向する手段と、複数の材質からなるX線発生体を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し発生させる特性X線を切換えるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項18】 電子線を偏向する手段と複数の材質からなるX線発生層を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し発生させる特性X線を切換えるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項19】 照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを有するX線発生用ターゲットを備え、前記ターゲットを微細な電子線により照射し前記X線発生層側からX線を取り出すと共に前記電子線吸収層側から冷却するX線源と、試料を透視したX線像を表示するX線イメージインテンシファイアと冷却形CCDカメラとからなる検出系とから構成したことを特徴とするX線撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、X線発生用ターゲットとX線源とX線撮像装置に係り、特に、高解像度X線透視に好適なX線発生用ターゲットと微小焦点X線源とX線撮像装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のX線撮像装置においては、高解像度が要求されていた。X線撮像装置における検出解像度を支配する一要因として、X線源の焦点寸法が挙げられる。このため、高解像度が要求されるX線撮像装置においては、微小焦点のマイクロフォーカスX線源が使用されている。マイクロフォーカスX線源に使用されるX線発生用ターゲット（以下、ターゲットという）は、ターゲットから横方向に出たX線を用いる反射形とターゲットを透過したX線を用いる透過形とに大別される。

【0003】 反射形ターゲットは、ターゲットの冷却性

については優れているが、ターゲット内での電子線の拡がりが大きくなるため、解像度については不利であるという欠点があった。透過形ターゲットは、解像度についてはターゲット内での電子線の拡がりを小さくできるため優れているが、冷却性が悪いという欠点があった。しかし、一般的には、電子線の拡がり小さいという長所により透過形ターゲットが多く用いられていた。

【0004】まず、図20を参照して従来の技術を説明する。図20は従来の透過形のターゲットの断面図である。図20において、1は集束電子線、2は薄膜ターゲット、3は領域、4はX線である。X線は、カソードから放射された熱電子の集束電子線1を直流の高電圧によって加速し、薄膜ターゲット2に照射すると、領域3でX線4が発生する。この薄膜ターゲット2を透過したX線4が使用される。X線発生領域3の大きさは、集束電子線1の加速電圧とビーム径およびターゲット2の材質と膜厚によって定まる。

【0005】微小な焦点サイズのX線を得るためには、ターゲット2の膜厚を薄くしなければならないが、逆に温度上昇の面で不利になり、高出力のターゲット、X線源が得られないという致命的な欠点があった。このような透過形ターゲットを使用したX線源については、例えば、特開平3-274500号に記載されているが、集束電子線1を透過形ターゲット2に照射して、微小焦点サイズのX線源を得るというものであった。

【0006】また、近時、応用分野の拡大している特性X線については、波長の異なる種々のX線の利用が多く、そのためにはターゲットの材質を波長の変更のたびごとに取り換えなければならないという欠点があった。また、上述の高出力のターゲット、X線源が得られないことは、X線撮像装置が高解像度でないという欠点の原因でもあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記反射形ターゲットは、冷却性については優れており、高出力のターゲット、X線源が得られるという利点を生かそうとしても、一定の厚みを有するため照射した集束電子線によるX線発生領域が拡大され、焦点サイズの微小化ができないという問題があった。また、前記焦点サイズの微小化ができないという問題が高解像度の透視に必要な微小焦点のマイクロフォーカスX線源が得られないという問題でもあった。さらにまた、特性X線の波長の変更におけるターゲットの材質の交換は、撮像装置の真空装置を停止して実施するため、長時間を要し実用的でないという問題があった。さらにまた、上記の諸問題は、高解像度のX線撮像装置がえられないという問題の原因でもあった。

【0008】本発明は、上記従来技術の問題点を解決するためになされたもので、第1の目的は、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さくしたX線発生用ターゲットを提供することにある。

【0009】第2の目的は、上記ターゲットを使用した高出力のX線が得られるX線源を提供することにある。第3の目的は、特性X線を出力するX線源においては、ターゲットの材質を変更し、容易、かつ、迅速に波長の変更できるX線源を提供することにある。第4の目的は、上記高出力のX線源を使用した高解像度のX線撮像装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第一の目的を達成するために、X線発生用ターゲットに係る第一の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。上記X線発生層は複数の材質から構成したものである。また、X線発生用ターゲットは、微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。

【0011】上記X線発生体は、少なくとも一個の発生体から構成したものである。また、上記X線発生体は、複数の材質から構成したものである。上記電子線吸収層は、金属の支持体により支持されているようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、電子線吸収層を銅系の金属板にベリリウム箔を接合して形成し、X線発生層を前記電子線吸収層にタングステン膜を蒸着して形成し反射形としたものである。

【0012】また、上記第二の目的を達成するために、X線源に係る第二の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなる反射形X線発生用ターゲットと、前記ターゲットを前記電子線吸収層側から冷却する手段と、X線発生層側からX線を取り出す手段とから構成したものである。上記電子線吸収層側から冷却する手段は、電子冷却素子により構成したものである。上記電子線吸収層は金属の支持体により支持されているようにしたものである。

【0013】また、X線源は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットを回転させるようにしたものである。X線源は、微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットを有し、前記ターゲットを回転させるようにしたものである。

【0014】また、X線源は、電子線を偏向する手段とX線発生用ターゲットからの反射電子や2次電子を検出する手段とを備え、前記検出手段による走査像により前記電子線の焦点を前記ターゲットに合わせるようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、X線を発生する部位に電子線の焦点合せ用のメッシュを具備させるようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、

X線を発生する部位に電子線の焦点合せ用の表面模様を具備させるようにしたものである。

【0015】また、X線源は、電子線を偏向し回転走査させる手段と、円環状のX線発生体を具備したX線発生用ターゲットを備え、前記電子線を偏向する手段により前記電子線を回転走査させ、前記円環状のX線発生体上のX線発生点を回転させるようにしたものである。

【0016】上記第三の目的を達成するために、特性X線を発生させるX線源に係る第三の発明の構成は、電子線を偏向する手段と、複数の材質を有するX線発生体または複数の材質を有するX線発生層のいずれかを有するX線発生用ターゲットとを備え、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し、種々の特性X線を発生させるようにしたものである。

【0017】上記第四の目的を達成するために、X線撮像装置に係る第四の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層とX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを有するX線発生用ターゲットを備え、前記ターゲットを微細な電子線により照射しX線発生層側からX線を取り出すと共に電子線吸収層側から冷却するX線源と、試料を透過したX線像を表示するX線イメージインテンシファイアと冷却形CCDカメラとからなる検出系とから構成したものである。

【0018】

【作用】上記各技術的手段の働きはつぎのとおりである。第一の発明の構成によれば、X線発生用ターゲットに照射される電子線を細く絞り、照射される電子線の吸収がないようにX線発生層の厚さを十分に薄くすると共に透過した電子を吸収する電子線吸収層を設け2層としたので、照射された電子線が前記ターゲットの内部まで侵入する散乱領域（例えば、加速電圧100kVの電子線の散乱領域は、5 $\mu$ m以上）が制限され、かつ、透過した電子が完全に吸収され焦点サイズを微小化することができる。また、上記X線発生層に微小体のX線発生体を使用しても、同様の働きが得られる。

【0019】第二の発明の構成によれば、照射される電子線の持つエネルギーの大部分はX線発生用ターゲットにおいて熱となるが、この熱を冷却手段により電子線吸収層側から冷却し熱を奪い、前記ターゲットを冷却する。これにより前記ターゲットは、その耐熱性が増し、大電流の集束電子線を照射でき発生するX線量が増し、高輝度のX線を出力することができる。前記ターゲットが回転することにより電子線の照射位置が刻々と変わるため、大電流の集束電子線を照射でき発生するX線量が増し、高輝度なX線が出力される。

【0020】また、電子線を偏向する手段によりX線発生層の走査電子像を検出し、電子線の焦点を確実にX線発生層に合わせることができる。特に、X線発生層にメッシュを置くと、走査電子像が明確となりピントが合わせ

やすい。さらに、電子線を偏向する手段により、集束電子線の照射位置をずらし、前記ターゲットの寿命が伸びることができる。さらに、電子線を円環のX線発生体上に偏向走査することにより、微小焦点サイズの回転X線発生点を得ることができる。

【0021】第三の発明の構成によれば、照射される電子線が偏向され、X線発生用ターゲットのX線発生体あるいはX線発生層の複数の材質位置を照射するので、前記ターゲットの材質を瞬時に切り換え発生する特性X線の波長が変わる。

【0022】第四の発明の構成によれば、電子線のビーム径を十分に細く集束し、薄いX線発生層と電子線吸収層との2層構造のX線発生用ターゲットに照射し、前記ターゲットは、冷却手段により冷却され、高輝度、かつ、微小な焦点サイズのX線が得られるため、半影ぼけのない鮮明な試料の透視像が得られ、この試料透視X線像を表示すれば鮮明な像がえられる。

【0023】

【実施例】以下本発明の各実施例を図1ないし図19を参照して説明する。

【実施例 1】図1は、本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。第一の発明に係る本実施例は反射形ターゲットについて説明する。

【0024】図1において、1は集束電子線、4はX線、5はX線発生層、6は電子線吸収層、7は支持体であり、これらによりターゲットTを構成している。X線発生層5は、X線発生効率の高い重金属が好適であり、かつ、電子線6の熱発生作用を考慮し、融点の高いタングステンやモリブデンにより構成されている。また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1 $\mu$ mの焦点サイズを得ようとすれば1 $\mu$ m前後が良い。このとき、電子線1のビーム径は1 $\mu$ m以下に集束されている必要がある。

【0025】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した電子を吸収する層である。X線発生層5が薄い場合、照射した電子がX線発生層5で透過し吸収されないからである。電子線吸収層6は、X線発生効率の低い軽元素が適しており、例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボンが好適である。電子線吸収層6の膜厚は、電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧にも関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0026】支持体7はX線発生層5と電子線吸収層6を支持するものであり、電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を発散させる働きを有する。このため、熱伝導率の高い金属が好適であり、例えば、銅が用いられる。ターゲットは真空中にあるので無酸素銅あるいは磷青銅が好適である。このターゲットは支持体7を介して冷却される。

【0027】直流高電圧によって加速された集束電子線1がX線発生層5に衝突し、X線4が発生する。X線発生層5で発生したX線4はX線発生層5側の側方から取り出され、ターゲットは反射形として使用される。

【0028】本実施例に示したターゲットの製作方法の一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6とは、無酸素銅板とベリリウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そののち、X線発生層5はタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着することにより形成され、ターゲットTが完成される。

【0029】〔実施例2〕第一の発明に係る他の実施例について説明する。図2は、本発明の他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図2において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。8はX線発生体である。

【0030】図2に示す如く、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは、〔実施例1〕と原理的に同一であり、〔実施例1〕のX線発生層5が薄膜であるが、本実施例のX線発生体8は微小な塊である。このため、〔実施例1〕においては、X線発生層5に対する集束電子線1のビーム径は細く集束する必要があるが、本実施例のX線発生体8に対する集束電子線1のビーム径は、必ずしも細く集束しなくても、微小なX線焦点サイズが得られる。

【0031】本実施例の反射形ターゲットはX線発生体8と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。集束電子線1をX線発生体8に照射すると、X線発生体8からX線4が発生する。X線発生体8はX線発生効率の高い重金属が好適であり、例えば、融点の高いタングステンやモリブデンが好適である。また、その大きさは所望するX線焦点サイズによるが、その大きさを1μmとすれば焦点サイズ1μmが得られる。電子線吸収層6と支持体7については〔実施例1〕と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0032】〔実施例3〕第一の発明に係る他の実施例について説明する。図3は、本発明のさらに他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図3において、図中、図2と同一符号は同一部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。9は保護層である。図3に示すごとく、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは〔実施例2〕と原理的に同一であるが、保護層9を加えたものである。

【0033】本実施例の反射形ターゲットは電子線吸収層6と支持体7とX線発生体8と保護層9とから構成されている。保護層9はX線発生体8を機械的に保護するものであり、その転倒などを防ぐ作用がある。集束電子線1による反射電子や二次電子を少なくし、これらの電子によるX線の発生を防ぐ必要のためX線発生効率の低い

軽元素が好適である。

【0034】上記の〔実施例2〕と〔実施例3〕との反射形ターゲットの製造方法の一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6は、無酸素銅板とベリリウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そののち、この上にタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着する。タングステン膜の上にレジストを塗布し、電子ビームによる露光を施し、レジストを現像したのち不要なタングステン膜をエッチングして、X線発生体8となる部分を形成する。そして、レジストを除去すると〔実施例2〕の反射形ターゲットが完成する。さらに、ポリイミドを塗布して保護層9を形成すると、〔実施例3〕の反射形ターゲットが完成する。

【0035】〔実施例4〕第一の発明のさらに他の一実施例を説明する。図4は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図中、図1と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。20は吸熱部、21は回転軸である。本実施例は、〔実施例1〕、〔実施例2〕、〔実施例3〕のターゲットと相違する点はターゲットを回転させることである。これにより、電子ビームの照射位置が刻々と変ることにより、ターゲットの照射される部分の温度上昇が抑えられることが特徴である。

【0036】本実施例のターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6とを拡散接合し、さらに、電子線吸収層6と吸熱部20とを接合して構成される。前記ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。X線発生層5は〔実施例1〕と同様に、集束電子線1の照射によりX線4を発生する層であり、X線発生効率が高く、かつ、融点の高い重金属、例えば、タングステンやモリブデン等が好適である。

【0037】また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1μmの焦点サイズを得るには1μm前後が良い。このとき、集束電子線1のビーム径は1μm以下に集束されている必要がある。X線発生層5が薄いため、照射された集束電子線1の電子がX線発生層5では吸収しきれない。

【0038】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した集束電子線1の電子を吸収する層である。電子線吸収層6はX線発生効率の低い軽元素が好適である。例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボン等が好適である。電子線吸収層6の膜厚は電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧に関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0039】吸熱部20は、集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を奪い、蓄熱し、かつ、放熱する働きがある。したがって、熱容量の大なる程よく、



そのためある程度の体積が必要である。その材質は備えるべき機能から熱伝導率がよく、かつ、比熱の大きい、例えば、カーボン等が良い。集束電子線1の照射によりX線発生層5にX線と熱とが発生するが、集束電子線1の照射位置が刻々と変わるように、ターゲットTを回転軸21のまわりに回転させる。

【0040】これにより集束電子線1によるX線発生層5の照射部が局部的に高温にならないようにする。発生した熱は吸熱部20に蓄えられ、吸熱部20から徐々に周囲に伝わり放散される。本実施例においては、X線発生層として【実施例1】に示すX線発生層5を構成要素として用いたが、【実施例2】、【実施例3】の説明したX線発生体8を使用しても差し支えない。

【0041】【実施例5】次に、第二の発明の一実施例を説明する。図5は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図5は、X線源に【実施例1】のターゲットを組み込み使用しているものであり、X線源の一部を示している。図5において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。13は真空容器、14はX線取り出し窓、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒である。

【0042】ターゲットTは無酸素銅の支持体7とベリリウム箔の電子線吸収層6とタングステン膜のX線発生層5とから構成されている。ターゲットTは真空容器13の中に収納されており、集束電子線1が照射されるとX線4が発生する。発生したX線4はX線取り出し窓14から外部に取り出される。

【0043】X線取り出し窓14はX線の透過率の高い物質が良く、例えば、ベリリウムが適切である。また、無酸素銅の支持体7には冷却用パイプ15が接合されており、冷却用パイプ15の中は冷媒16が流されている。図5の実施例においては、支持体7と冷却用パイプ15とは接合されており別体となっているが、無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し冷媒16を前記流通穴に直接流通させても差し支えない。

【0044】本実施例の動作を説明する。X線発生層5は、集束電子線1により照射され、X線4を放射すると共に大量の熱量を発生する。発生した熱は熱伝導により電子線吸収層6へ伝わり、続いて支持体7へ伝導する。支持体7へ熱伝導された熱は冷却用パイプ15中の冷媒16により外部へ持ち去られる。無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し、冷媒16を直接流通させる形についても同様の成果を得る。

【0045】このようにして、ターゲットTの熱は、冷媒16により外部へ運ばれ冷却される。冷媒16は通常のものでよく、例えば、水で良い。このように、ターゲットTが冷却されるため大電流の集束電子線を照射でき、強力なX線を得ることができる。

【0046】【実施例6】次に、第二の発明の他の一

実施例を説明する。図6は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。また、X線源には【実施例1】の反射形ターゲットが使用されている。図6において、図中、図5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。17は冷却用ファンである。

【0047】図6を参照して本実施例を説明する。ターゲットTはタングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6とから構成されている。ベリリウム箔の電子線吸収層6が真空容器13に接合されている。この場合支持体7が省略されている場合を説明する。集束電子線1のX線発生層5への照射により発生したX線4は、X線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に発生した熱量は電子線吸収層6を介して真空容器13に伝えられる。

【0048】伝熱した真空容器13はファン17により冷却される。したがって、X線発生層5と真空容器13との熱落差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0049】【実施例7】次に、第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図7は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線源には【実施例1】の反射形ターゲットを使用している。図中、図5、6と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。18は電子冷却素子である。

【0050】ターゲットTは、タングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6と無酸素銅の支持体7とから構成されている。ターゲットTは電子冷却素子18を介して真空容器13と接合されており、真空容器13はファン17で冷却されるようになっている。

【0051】本実施例の冷却動作を説明する。電子線1の照射により発生したX線4はX線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に、ターゲットTで発生した熱は電子冷却素子18のヒートシンクの働きにより真空容器13に運ばれる。真空容器13は、ファン17で冷却されるのでターゲットTと真空容器13との熱落差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0052】本実施例は、冷却水などの冷媒を使用しないため漏水事故の怖れがなく、電子冷却素子を使用するため冷却性能が優れている。上記、【実施例5】から【実施例7】までに使用したターゲットは、【実施例1】のターゲットであったが、【実施例2】から【実施例3】に示したX線発生体で構成されるターゲットを使用しても、全く同様に成果を得ることができる。

る。

【0053】〔実施例 8〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図8は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図8は、図4に示す〔実施例 4〕のような回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図8において、図中、図1、5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。21は回転軸、24はローター、25はステーター、26はベアリングである。

【0054】ターゲットTは、円錐形のカーボンの支持体7の表面に1 $\mu$ m程度の厚さのタングステン膜のX線発生層5をスパッタリングあるいはCVDで蒸着したものである。カーボン製の支持体7は、集束電子線1のX線発生層5を透過した電子の吸収層と集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱の吸熱部との両作用を兼ね備えている。

【0055】ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記回転軸21はベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転するようになっている。真空容器13は、前記のターゲットT、回転軸21、ローター24、ベアリング26等を内包すると共に、その外面にはX線取り出し窓14が設けられている。このX線取り出し窓14にはX線を良く通す軽元素、例えば、ベリリウム板が好適である。

【0056】集束電子線1は、円錐形の斜面に照射されターゲットTの回転により照射面の位置が刻々と変わる。このため、局部的にターゲットTの照射面が高温となることがなく大電流の集束電子線を照射できる。集束電子線1によるターゲットTの照射面に発生したX線4は、X線取り出し窓14から取り出される。

【0057】〔実施例 9〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図9は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図9は、図7に示す〔実施例 7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。本実施例は、〔実施例 8〕と原理的には全く同一である。図9に示すように、ターゲットTは、円筒形のカーボンの支持体7の端面にタングステン膜を付け、X線発生層5を形成したものである。さらに、ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。

【0058】このターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されておりローター24とステーター25により高速回転する。真空容器13にはX線取り出し窓14があり、ここから集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。ターゲットTの回転軸21は集束電子線1の光軸に対して斜めに傾けてあり、X線4を取り出しやすくしものである。

【0059】〔実施例 10〕第二の発明のさらに他の

一実施例を説明する。図10は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットのX線源の説明図、図11は、図10のターゲットのX線源の断面図である。図10、11は、図7に示す〔実施例 7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。

【0060】図10に示す如く、ターゲットTは、円筒形状のカーボンの支持体7の円筒面にタングステン膜を付着させ、X線発生層5を形成したものである。ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記ターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転する。

【0061】本実施例では、集束電子線1の光軸と前記回転軸21とは直交する方向にあり、したがって、集束電子線1はターゲットTの円筒面にあるX線発生層5を照射することになる。図11に示す如く、真空容器13にはX線取り出し窓14が設けられており、集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。

【0062】集束電子線1の照射によりタングステン膜のX線発生層5が劣化した場合、円筒形のターゲットTを軸方向（図10においては、上下の方向）に移動させ、新しいX線発生層5の面に集束電子線1が照射するようにする。これによりターゲットTの交換回数を減らすことができる。

【0063】〔実施例 11〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図12は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。微小焦点X線源では、微細な集束電子ビームを使用するため、電子ビームの焦点を確実にターゲットTのX線発生層5に合わせ必要がある。電子ビームの焦点は試料の透過X線像を見ながら合わせることができるが、X線像を実時間で観察できないときは大変手間の必要な作業となる。そこで、他の電子ビームの焦点検出方法が必要となる。本実施例においては、走査電子像を使用して焦点を検出し、微細な集束電子ビームをターゲットTのX線発生層5に合わせることができるX線源を説明する。

【0064】図12において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。30は金属メッシュ、31はフィラメント、32は電子レンズ、33は偏向コイル、34は電子線検出器である。フィラメント31で発生した集束電子線1は電子レンズ32で集束されてターゲットTに照射される。ターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。

【0065】ターゲットTに集束電子線1が照射されると、X線の発生と同時に反射電子や2次電子も発生する。集束電子線1を偏向コイル33で走査し、反射電子あるいは2次電子を電子線検出器34で検出することにより、走査電子像が得られる。この走査電子像を見なが

ら電子レンズ 3 2 の励磁電流を変えて焦点を合わせることができる。

【0066】しかし、X線発生層 5 は平滑な様な面であるため、集束電子線 1 の焦点を合わせることは難しい。そこで、X線発生層 5 の面上に金属メッシュ 3 0 を載置する。金属メッシュは一様でなく質量に差があるので、そのメッシュ像が見えるので容易にピントを把握できる。

【0067】また、金属メッシュ 3 0 を置く替わりに、X線発生層 5 にピント合せ用のマークを刻設しておいてもよい。走査電子像で集束電子線 1 の焦点を合わせた後は、集束電子線 1 の走査を止め、一点に集束電子線 1 を照射してX線を発生させると微小焦点X線源を得る。

【0068】〔実施例 12〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図 1 3 は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線の応用分野の一つであるX線CTやラミノグラフィにおいては、X線発生点が回転するX線発生源が必要となる場合がある。本実施例は、集束電子線の回転偏向によって微小焦点のX線発生点を回転させる反射形ターゲットの実施例を説明する。

【0069】図 1 3 において、図 1, 1 0, 1 2 と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。4 0 は真空ポンプである。ターゲット T の構造は、円環の支持体 7 に電子線吸収層 6 が接合され、その上面にX線発生体 8 が設けられている構造である。

【0070】X線発生体 8 の形状は円環形をなし、その断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとする。その材質はX線発生効率が高く、かつ、発生熱量に対する配慮から融点の高い金属が適切であり、例えば、タングステン等が好適である。

【0071】電子線吸収層 6 はX線の発生が少ない軽元素であり、例えば、ベリリウムが用いられる。その厚さは電子を吸収するのに十分な厚さが必要であり、例えば、電子の加速電圧が 2 0 0 k V のときは 0. 3 mm 必要である。支持体 7 は電子の照射により発生した熱を効率良く逃がすために、熱伝導の良い金属、例えば、銅系の金属が良い。さらに、冷却水、電子冷却素子を使用して積極的に冷却することも考えられる。

【0072】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント 3 1 で発生した集束電子線 1 は、電子レンズ 3 2 で集束され偏向コイル 3 3 でX線発生体 8 に照射され、X線 4 を発生させる。偏向コイル 3 3 により集束電子線 1 が、円環のX線発生体 8 を照射しながら、その照射点をX線発生体 8 に沿って移動する。したがって、X線を発生する点は回転移動する。

【0073】X線発生体 8 の断面が小さいので、集束電子線 1 のビーム径の如何にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器 1 3 内に設けられて

おり、その内部は真空ポンプ 4 0 で真空状態に保持されている。発生したX線 4 はX線取り出し窓 1 4 から外部に取り出される。

【0074】〔実施例 13〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図 1 4 は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図 1 4 (a) は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の断面図、図 1 4 (b) は、図 1 4 (a) のX線源に用いられているターゲットの説明図である。本実施例は、集束電子線 1 の回転偏向によって、微小焦点のX線発生点を回転させる透過形ターゲットを用いたX線源の実施例を説明する。図中、図 1 3 と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。新たな符号のみ説明する。4 2 は気封形X線透過窓である。

【0075】ターゲット T は、真空を封じ切るX線透過窓 4 2 に円環形状のX線発生体 8 を取り付けたものである。X線透過窓 4 2 は電子の照射によるX線の発生が少なく、かつ、X線の吸収が少ない軽元素が好適である。例えば、ベリリウムの薄板等が好適である。

【0076】X線発生体の断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとし、その材質はX線発生効率が高く、かつ、融点の高い金属が適切である。例えば、タングステン等が好適である。本実施例においては、X線発生体 8 を 2 周配設した例を示しており、回転半径の異なるX線発生点を選択できる。

【0077】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント 3 1 で発生した集束電子線 1 は、電子レンズ 3 2 で集束され偏向コイル 3 3 でX線発生体 8 に照射され、X線 4 を発生させる。偏向コイル 3 3 により集束電子線 1 が、円環のX線発生体 8 に沿って回転させられ、X線 4 の発生点を回転させる。

【0078】X線発生体 8 の断面が小さいので、集束電子線 1 のビーム径にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器 1 3 内に設けられ、真空ポンプ 4 0 により真空状態に保持されている。

【0079】従来の同種のX線源は、集束電子線の回転偏向のため収差が大きく集束電子線を細くすることが困難であったため、微小な焦点サイズを得ることができなかった。しかし、本実施例では、X線発生ターゲットの構造を工夫することにより微小な焦点サイズが得ることができる。

【0080】〔実施例 14〕第三の発明の一実施例を説明する。図 1 5 は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線には、連続X線と特性X線がある。一搬には、連続X線は、集束電子線がX線発生用ターゲットに衝突し前記ターゲット物質中の原子核の電場によってクーロン力をうけ、電子の進路が曲げられ減速されるとき放射される。したがって、連続X線の波長は電子の加速電圧に関係する。特性X線は、原子核とそれを取りまく各殻の電子に、高速の電子が衝突すると



核に近い内殻の電子が叩きだされ、そのあとに外殻の電子が遷移するとき放射される。したがって、特性X線の波長は前記ターゲットの材質に関係する。

【0081】このため、特性X線を利用する場合は前記ターゲットを交換することが多い。このターゲットの交換が容易にできると便利である。図15を参照して、X線を発生させる薄膜の材質を場所によって変えるようにし、集束電子線を偏向させ照射されるX線発生層の場所を変えることによりX線発生層の材質を瞬時に切換えられるX線源を説明する。

【0082】図15において、Tはターゲット、1は集束電子線、4Aは特性X線、6は電子線吸収層、7は支持体、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒、33は偏向コイル、35は第1の金属膜、36は第2の金属膜である。ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、さらに、その上に第1の金属膜35および第2の金属膜36を接合したものである。

【0083】第1の金属膜35および第2の金属膜36はX線発生層であり、それぞれ、必要とする波長の特性X線を持つ材料が選択されている。その膜厚は所望のX線焦点サイズによるが1 $\mu$ m前後であり、スパッタリングやCVDにより形成することができる。ターゲットTの冷却は冷却パイプ15に冷媒16を流すことによって行なわれる。

【0084】本実施例の動作を説明する。集束電子線1をターゲットTの照射し、X線発生層より特性X線4Aを発生させる。この照射に際し、偏向コイル33で集束電子線1を偏向し、照射する位置を第1の金属膜35あるいは第2の金属膜36にすることにより、ターゲットのX線発生層の材質を変えることができる。集束電子線1は瞬時に偏向可能であるので、異なる波長の特性X線に瞬時に切り換えられる。

【0085】本実施例においては金属膜の個数は2個であるが、多数の種類のターゲットを必要とするならばその個数だけ異なった金属膜を設ければ良い。また、ターゲットの冷却方法も冷媒16を流すのではなく、【実施例6】、【実施例7】に示すファンによる冷却方法を用いても差し支えない。

【0086】【実施例15】第三の発明の他の一実施例を説明する。図16は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。本実施例は、【実施例14】とほぼ同一構成である。図中、図15と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。18は電子冷却素子である。

【0087】本実施例は、【実施例14】の第1の金属膜35および第2の金属膜36のX線発生層の代わりに、多数のX線発生体8を設けたものである。本実施例は、【実施例14】と同様に、特性X線を発生するX線発生層の材質を場所によって変えておき、集束電子線

を偏向させ照射する場所を変えることにより、特性X線を発生するX線発生層の材質を瞬時に切換えるようになっている。

【0088】ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、その上に多数のX線発生体8を接合したものである。すなわち、【実施例2】の図2に示したターゲット構造においてX線発生体8を複数にしたものである。X線発生体8には、必要とする波長の特性X線を放射する材料を選択することができる。

【0089】X線発生体8が微小な塊になると、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。1 $\mu$ mの焦点サイズを得るためには個々のX線発生体8の大きさを1 $\mu$ mにすることが好ましい。また、集束電子線1のビーム径が十分に細くすると、X線発生体8の厚さを薄くすればX線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0090】集束電子線1は、偏向コイル33により所望する波長の特性X線を出す材質のX線発生体8に照射され、所望する波長の特性X線4Aが得られる。集束電子線1により照射されるX線発生体8が変えられることにより、異なる波長の特性X線4Aを瞬時に発生させることができる。また、本実施例では、ターゲットTの冷却は、電子冷却素子18で冷却されるようになっているが他の方法でも差し支えない。

【0091】【実施例16】第三の発明のさらに他の一実施例を説明する。図17、18は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲット説明図である。図中、図15、16と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。新たな符号のみ説明する。38は薄膜、39は保護層である。

【0092】本実施例は、特性X線を発生する薄膜の材質を場所によって変えておき、集束電子線を偏向させ、照射する位置を変えることでターゲットの材質を瞬時に切換えるものである。上記の各実施例では反射形ターゲットについて説明したが、本実施例は透過形ターゲットである。

【0093】図17において、ターゲットTは薄膜38にX線発生体8が載置されている構造である。薄膜38は電子の照射によるX線の発生が少なくX線の吸収が少ない軽元素が望ましく、例えば、ベリリウム箔が最適である。X線発生体8は必要とする波長の特性X線を放射する材料を選択すれば良い。X線発生体8は微小な塊であるので、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。また、集束電子線1のビーム径を十分に細くしX線発生体8の厚さを薄くすれば、X線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0094】集束電子線1は偏向コイル33により所望する波長の特性X線を放射する材質のX線発生体8を照

10

20

30

40

50

射され、所望する波長の特性X線4Aを得る。集束電子線1が照射されるX線発生体8を変えることで、発生する特性X線の波長を瞬時に変えることができる。

【0095】図18は、X線発生体8の転倒などを防止するため保護層39の間にX線発生体8を埋め込む構造としたものを示す。保護層としてはX線の発生が少ない軽元素が良い。X線発生体8は保護層39により機械的に保護される。

【0096】〔実施例 17〕第四の発明の一実施例を説明する。本発明のさらに他の実施例を説明する。図19は本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。本実施例は各実施例において説明したターゲットを使用した高解像度X線撮像装置に係るものである。

【0097】図19において、図5、12と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみを説明する。40は真空ポンプ、43は加速管、44はコンデンサレンズ、45は対物レンズ、46は同期回路、47a、47bはディスプレイ、48は試料、49はステージ、50はX線イメージンスファア、51はコリメータレンズ、52はミラー、53はイメージングレンズ、54はCCDカメラ、55はコントローラである。

【0098】X線撮像装置は微小焦点X線源と制御部と検出系とから大別される。微小焦点X線源は、真空ポンプ40で真空に保持されている真空容器13の中に、フィラメント31、加速管43、コンデンサレンズ44、偏向コイル33、対物レンズ45、ターゲットTが配設され構成している。ターゲットTは図4の〔実施例 4〕で示したターゲットTと同一の構成である。

【0099】すなわち、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6が接合され、さらにタングステン膜のX線発生層5が蒸着されたものである。裏面には冷却用パイプ15が設けられ、そこを流れる冷媒16により冷却されている。この実施例においては、図4の〔実施例 4〕で示したターゲットを用いたが、前述した他の実施例のターゲットを使用しても差し支えない。

【0100】制御部は、電子線の偏向信号と検出信号とを同期させる同期回路46と電子線の走査像を表示するディスプレイ47aからなる。検出系は、X線を可視像に変換するX線イメージンスファア50と、このX線イメージンスファア50の出力をCCDカメラ54に結像させるレンズ組51、52と、前記CCDカメラ54の出力を表示するディスプレイ47bからなる。

【0101】次に、本実施例の機能を説明する。集束電子線1は、フィラメント31から発生し、加速管43により加速され、コンデンサレンズ44と対物レンズ45の2枚のレンズの働きにて集束される。フィラメント31は、大電流の集束電子線を得るため高輝度な六ほう化

ランタンフィラメントが好適である。レンズを2枚としたのは、集束電子線1を細く絞るためであり、所望のビーム径を得られるのであれば1枚あるいは3枚もしくはそれ以上でも必要に応じて配設して差し支えない。

【0102】解像度1 $\mu\text{m}$ のX線透視像を得るためには電子ビーム径を1 $\mu\text{m}$ 以下とする必要がある。また、X線発生層5の膜厚も1 $\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。集束電子線1は、偏向コイル33によりX線発生層5の面上を走査しながら照射する。この照射によりX線発生層5から発生した反射電子や2次電子は、電子線検出器34により検出される。

【0103】同期回路46は、偏向コイル33を駆動する偏向信号と電子線検出器34の検出信号を同期させ、走査電子像を得てディスプレイ47aに表示する。このディスプレイ47aに表示された走査電子像を見ながら、集束電子線1の焦点をX線発生層5上に合わせる。

【0104】この場合、図7の〔実施例 7〕で示した如く、X線発生層5の上にメッシュを載置すると上記焦点が合わせやすい。上記焦点を合わせたのち、集束電子線1は偏向コイル33による偏向を中止し、X線発生層5の1点を照射しX線4を発生させる。X線4はX線取り出し窓14より外部に取り出される。

【0105】このようにして得られたX線源は、その線源径が小さく、かつ、焦点が微細となっているため、試料の透過像に半影ぼけが発生せず、解像度の高いX線透視像が得られる。集束電子線1の照射によりターゲットTが損傷を受けた場合、偏向コイル33により集束電子線1の照射する位置を少しずつさせる。これによりターゲットTの寿命が伸び、その交換回数を減らすことができる。

【0106】試料48は、ステージ49に載せられX線発生層5とX線イメージンスファア50との間の所定の位置に置かれ、微小焦点X線源からのX線の照射を受ける。試料48を透過したX線は、X線イメージンスファア50で可視像に変換される。X線イメージンスファア50の出力像は、コリメータレンズ51とイメージングレンズ53によりCCDカメラ54に結像される。結像された試料像はディスプレイ47b上に表示される。

【0107】コリメータレンズ51とイメージングレンズ53の間には、ミラー52が配設され、光路を曲げることにより検出系を小型化することができる。CCDカメラ54は、長時間露光が可能な冷却形CCDカメラを使用することが感度やダイナミックレンジの点で最適である。CCDカメラ54は、コントローラ55で制御され、検出像をディスプレイ47に表示する。X線撮像部はX線イメージンスファア50とCCDカメラの組み合わせ以外の検出系でも差し支えないが、この組み合わせ系は感度が高く、かつ、使いやすい。

【0108】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、第一に、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さいX線発生用ターゲットを提供することができる。第二に、上記ターゲットを使用した高出力のX線が得られるX線源を提供することができる。第三は、特性X線を出力するX線源においては、上記ターゲットの材質を変更し、容易、かつ、迅速に波長の変更できるX線源を提供することができる。第四は、上記X線源を使用した高解像度のX線撮像装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図 2】本発明の他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図 3】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図 4】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図 5】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 6】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 7】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 8】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 9】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 10】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 11】図 10 のX線源の断面図である。

【図 12】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 13】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 14】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 15】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 16】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図 17】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図 18】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図 19】本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。

【図 20】従来の透過型薄膜ターゲットの断面図である。

#### 【符号の説明】

T ターゲット

1 集束電子線

4 X線

5 X線発生層

6 電子線吸収層

7 支持体

8 X線発生体

13 真空容器

14 X線取り出し窓、

15 冷却用パイプ

16 冷媒

17 冷却用ファン

18 電子冷却素子

20 吸熱部

21 回転軸

24 ロータ

25 ステータ

26 ベアリング

31 フィラメント

32 電子レンズ

33 偏向コイル

34 電子線検出器

40 真空ポンプ

42 気封形X線透過窓

43 加速管

44 コンデンサレンズ

45 対物レンズ

46 同期回路

47 a, 47 b ディスプレイ

48 試料

49 ステージ

50 X線イメージインテンシファイア

51 コリメータレンズ

52 ミラー

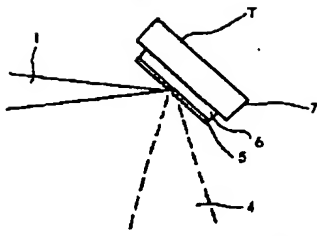
53 イメージングレンズ

54 CCDカメラ

55 コントローラ

【図1】

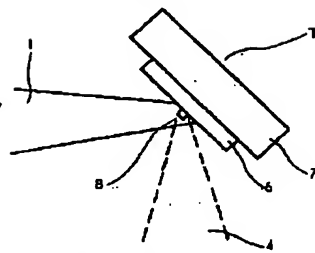
図 1



T…ターゲット 1…電子線  
4…X線 5…二次電子  
6…電子線検出器 7…支持体

【図2】

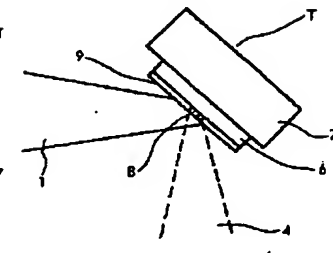
図 2



8…X線発生体

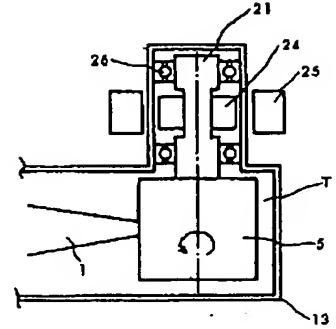
【図3】

図 3



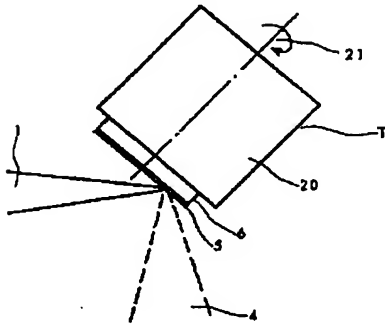
【図10】

図 10



【図4】

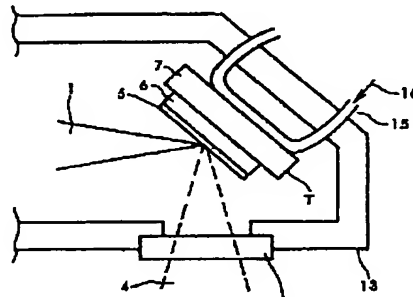
図 4



20…冷却部

【図5】

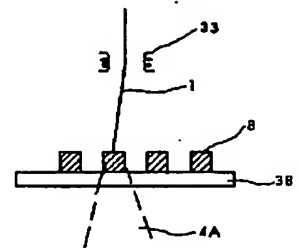
図 5



15…冷却用パイプ 16…冷却

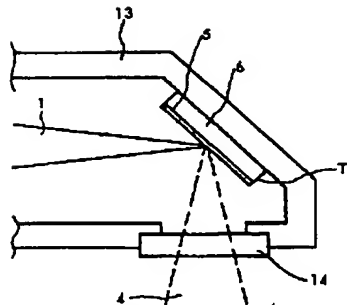
【図17】

図 17



【図6】

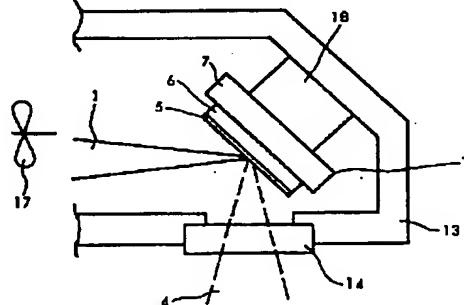
図 6



17…冷却用ファン

【図7】

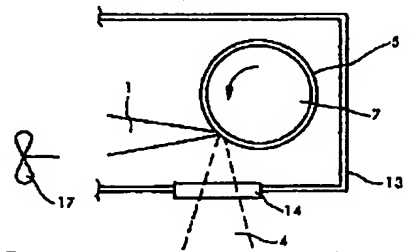
図 7



18…電子冷却素子

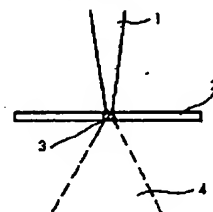
【図11】

図 11

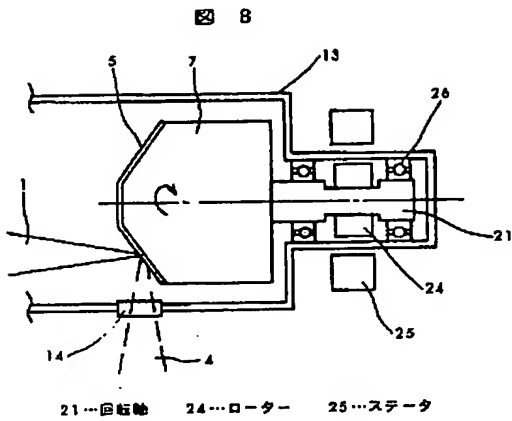


【図20】

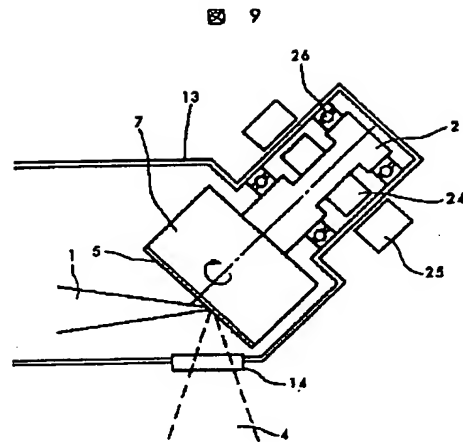
図 20



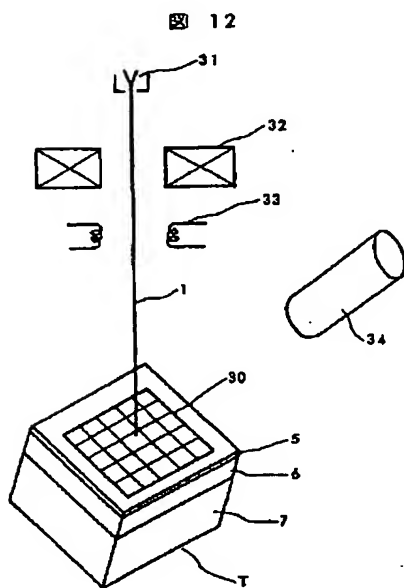
【図8】



【図9】

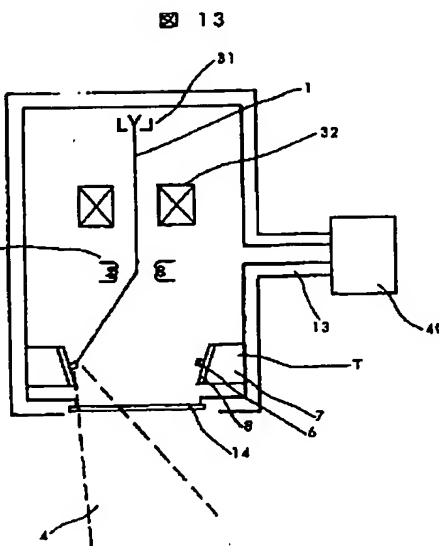


【図12】

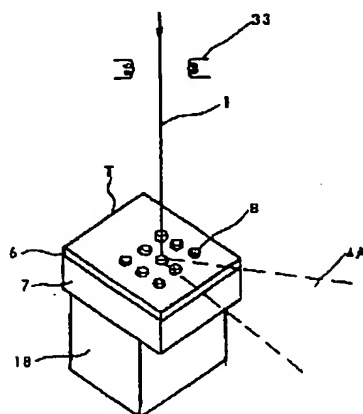


30...金属メッシュ 31...フィラメント  
32...電子レンズ 33...無向コイル  
34...電子線検出器

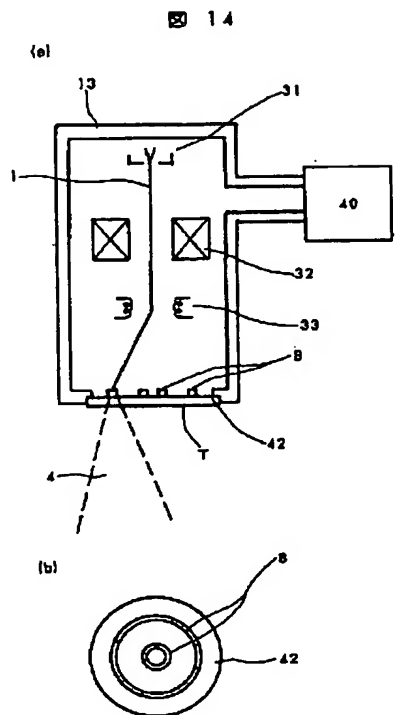
【図13】



【図16】

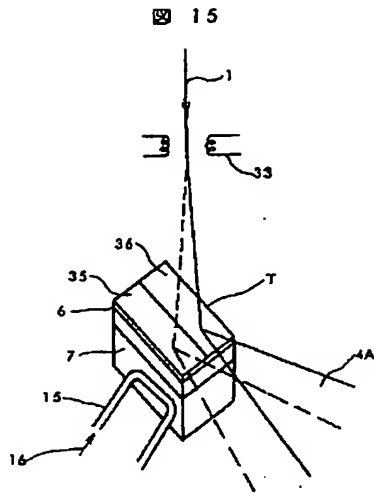


【図14】

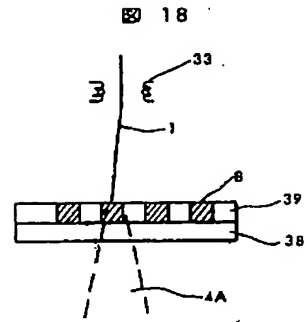




【図15】



【図18】



【図19】

